

高精度激光照排机参数选择

冯伟东

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 本文在对国内外激光照排机及技术文献作了详细的调研和分析之后, 提出一种新的、具有独创性的高精度激光照排机原理模型。此模型综合了目前国内外激光照排机的优点, 并且采用了一些目前在照排机领域中尚未采用的新技术。这样使整个方案更具有先进性和独创性。本文涉及到光学、精密机械、电子学等方面的综合知识。因此, 本文在扫描光学的光点尺寸, 机械传动链的传动误差、电机驱动电路等方面作了大量工作, 进行了详细分析与计算。找到一种适合未来彩色印刷需要的高速、高精度、高分辨率的原理方案。

1 引言

激光照排机作为电子印刷系统中一个重要的输出设备, 目前, 已广泛地应用到各大报社、印刷厂以及其他的一些新闻出版单位。电子印刷系统主要由计算机、控制器、激光打印机、激光照排机、排版软件等组成。我国目前生产照排机的厂家主要有长春光机所和杭州通信设备厂。我所生产的是转镜式激光照排机, 而杭州生产的是滚筒式激光照排机。转镜式激光照排机是一种连续走片的形式, 一次走片可达30米长。因此操作十分方便。但是, 这种机器也存在首缺点, 传动方式采用摩擦传动, 在连续走片过程中, 随着供片轴上的胶片半径的变化, 作用于胶片上的张力也随着变化。这样, 在输片辊子上产生了变化的张力。因为输片辊是橡胶的, 所以作用于辊上的张力会使橡胶辊产生弹性滑动。由于弹性滑动使得在整个输片过程中, 胶片所走的版面产生误差, 即版面误差。最大值可达1mm。

杭州产滚筒式激光照排机在传动方式上采用了线杠螺母传支克服了由于摩擦传动产生的版面误差。但是由于上下片为单张, 操作复杂, 故障率也较高。

当前, 随着印刷事业的发展, 高档彩色印刷越来越成为需要。因此, 目前市场上流行的普通精度的照排机已远远不能满足需要, 急需研制出一种高精度、高分辨率的照排机来取代现有照排机, 以满足印刷事业的需要, 本文正是基于这种目的开题的。

2 系统组成

本文设计思想基于以下几个方面的考虑: 一、适应未来高档彩色印刷需要, 要求有高精度、

高分辨率;二、综合目前现有照排机的优点,使各方面性能更加完善;三、解决几项关键的单元技术,提高整体设计水平。根据以上的要求,我们提出了以下设计方案。

此种照排机主要由以下的几部分组成:光学扫描系统,机械传动系统和走片系统,工作原理如下:当光学系统进行扫描时,真空泵把胶片吸附在真空板上,相对于扫描系统静止不动,当扫描完一版后,真空泵停止工作,放下胶片,并由收片电机把刚刚扫描完的一版胶片收进收片盒,并拉出新的一版,然后再重复上一次工作循环。由工作原理我们可以看出此种方案即能连续收片又采用了丝杠传动,综合了目前两种照排机的优点,适应未来彩色印刷发展需要。

性能指标:

扫描方式:转镜扫描

光源:可见光半导体激光器($\lambda=6700\text{Å}$)

运动方式:扫描器运动

传动方式:丝杠螺母传动

走片方式:连续走片

扫描幅面:300×400mm

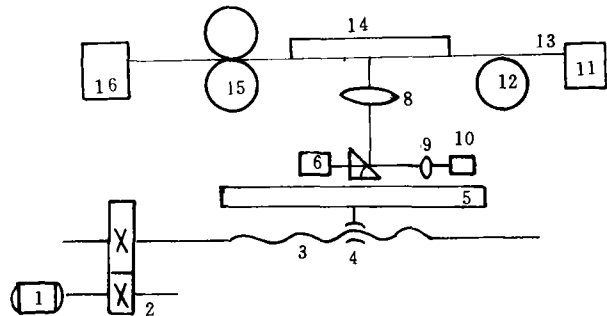


图1 平台式照排机原理图

- 1——步进电机 2——齿轮副 3——丝杠
- 4——螺母 5——光学平台 6——扫描电机
- 7——扫描器 8——物镜 9——准直透镜
- 10——半导体激光器 11——输片盒 12——输片滚
- 13——胶片 14 真空吸附平台 15——收片电机
- 16——收片盒

3 系统精度分析

3.1 机械传动链分析

本文传动链采用图2所示,传动机构

此机构由一对齿轮副和丝杠副组成,并由一步进电机来驱动。齿轮副中的小齿轮齿数 $Z_1=24$,大齿轮的齿数 $Z_2=72$,则第一级传动比为 $i=Z_2/Z_1=72/24=3$ 。传动链末端为将回转动转化为直线运动的丝杠副,其螺距为2mm,线数为2,则其导程是 $2 \times 2=4\text{mm}$,即丝杠每转一圈,螺母将拖动工作台移动4mm。

由于本系统是为了适应彩色印刷的需要,因此,对系统的精度要求主要是重复精度高。因为在彩色印刷中要求套色的误差一般不得超过 $\pm 5\mu\text{m}$ 。因此,对于本系统我们给定单个螺距误差为 $3\mu\text{m}$,全程累积误差不超过 $6\mu\text{m}$ 。

影响丝杠传动精度的误差主要有螺完纹中径误差,在螺母旋合范围内的螺距累积误差和半角误差

螺纹中径误差所引起轴向间隙为:

$$j_f = \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} (f_{\text{内}} - f_{\text{外}}) \quad (1)$$

其中： α ——牙形角

$f_{\text{内}}、f_{\text{外}}$ ——分别表示外螺纹中径误差。（相对于理想状况下螺纹中线而言）。

螺距误差所引起轴向间隙：

$$j_r = |\Delta t \Sigma_{\text{内}}' - \Delta t \Sigma_{\text{外}}'| \quad (2)$$

其中： $\Delta t \Sigma_{\text{内}}'、\Delta t \Sigma_{\text{外}}'$ ——分别表示螺母和螺杆在旋合范围内的螺距累积误差。

半角误差所引起轴向间隙：

$$j_a = \frac{h}{\cos^2 \frac{\alpha}{2}} \left[\left| \Delta \frac{\alpha_{\text{内}}}{2} - \Delta \frac{\alpha_{\text{外}}}{2} \right| + \left| \Delta \frac{\alpha'_{\text{内}}}{2} - \Delta \frac{\alpha'_{\text{外}}}{2} \right| \right] \quad (3)$$

其中： h ——螺纹高度

$\Delta \frac{\alpha}{2}$ ——牙形半角偏差

$\Delta \frac{\alpha_{\text{内}}}{2}, \Delta \frac{\alpha'_{\text{内}}}{2}$ ——内螺纹左右半角误差

$\Delta \frac{\alpha_{\text{外}}}{2}, \Delta \frac{\alpha'_{\text{外}}}{2}$ ——外螺纹左右半角误差

在丝杠安装过程中，由于丝杠的径向跳动和轴承端跳也会产生轴向误差。

影响齿轮传动精度的误差主要有：切向综合误差、径向综合误差和周节累积误差，我们用周节累积误差和径向跳动量来合成齿轮大周期误差，在小周期误差中只考虑相邻齿切向综合误差的影响。

考虑步进电机的影响，丝杠传动误差，齿轮传动误差，齿轮传动误差以及其他因素的影响，用概率合成法进行合成，得到：

丝杠全程范围内位移误差为 $7.5\mu\text{m}$

丝杠转一周内位移误差为 $3.31\mu\text{m}$

以上数据证明传动链满足设计要求，证明此种传动方式的可行性。

3.2 光学扫描系统分析

本文光学系统包括：可见半导体激光器，准直透镜，高稳速扫描电机、五棱扫描器、 f_0 透镜，如图所示：

下面简述一下工作原理

半导体激光器 1 发出光经准直透镜 2 准直成平行光，平行光照到扫描五棱镜 3 后，经反射，反射光经 f_0 透镜 4 聚焦在胶片上。本光学系统与以前所采用的光学系统相比，容易看出，我们用半导体激光器代替了 He—Ne 激光器，同时又去掉了声光调制器，又用五棱镜扫描代替

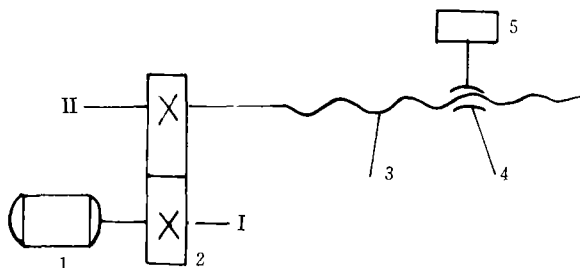


图2 传动链原理图

1——步进电机 2——直齿圆柱齿轮副 3——丝杠 4——螺母 5——光学平台

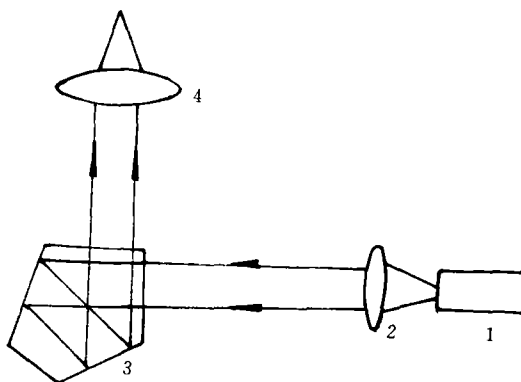


图3 光学系统原理图

1. 半导体激光器 2. 准直透镜 3. 扫描五棱镜 4. f_0 透镜

了旋转四棱镜,这些都使光学系统有了很大改善。

光点尺寸的计算:

光点尺寸我们采用公式:

$$d_r = K \cdot \lambda \cdot F^{\#} \tag{4}$$

其中: $F^{\#}$ —— 光学系统相对孔径倒数

K —— 是与 ω/y 有关的系数

λ —— 入射光波长

本文采用的半导体激光器具有二个方向的发散角。其中平行方向为 10° — 15° 。垂直方向上为 30° — 40° 。

两个方向上的拦截比分别为:

$$\left(\frac{D_b}{D_i}\right)_{//} = \frac{\text{tg}(\theta/2)}{NA_{col}} = \frac{\text{tg}[(10^{\circ} - 15^{\circ})/2]}{0.25} \doteq 0.35 - 0.5$$

$$\left(\frac{D_b}{D_i}\right)_{\perp} = \frac{\text{tg}(\theta/2)}{NA_{col}} = \frac{\text{tg}[(30^{\circ} - 40^{\circ})/2]}{0.25} \doteq 1.05 - 1.46$$

此时 $K_{//} = 2.54$; $K_{\perp} = 1.68$

从 K 值我们可以看出,半导体激光器两个方向上的 K 值,基本相当于激光束高拦截比与低拦截比时的 $K = 1.64$ 和 $K = 2.54$ 两种极限情况

经计算出在 40 线/mm 和 60/mm 时光点尺寸分别为: $34 \mu\text{m} \times 22 \mu\text{m}$ 、 $50 \mu\text{m} \times 33 \mu\text{m}$

同时为了提高光点系统性能,本文还采用了五棱镜扫描器来代替单面镜因为五棱镜具有的纠正光线偏摆的作用,采用了高稳速扫描电机来提高扫描线均匀性,在国内首次采用可见光用半导体激光器代替 He—Ne 激光器,因为半导体激光器属于内调制,最高调制步率可达几百 MHz,而 He—Ne 激光器的最高频率只能达到 5MH,因此半导体激光器的使用,适应未来高分辨率的需要。

3.3 电路设计

本实验中还自行设计了步进电机与扫描电机的驱动电路,经实验验证完全到设计要求,满足了实验精度。

4 实 验

本文最后精度完全反映在胶片上,因此通过测量胶片可以反映系统各个部分的精度,它是

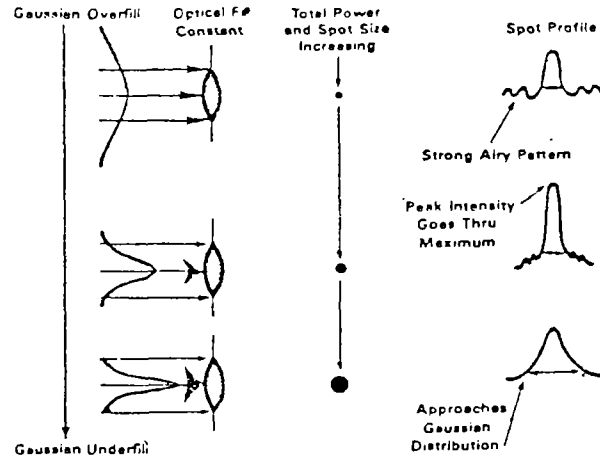


图 4 入射光束宽度变化对光点轮廓的影响

一个综合指标。通过实验测量,版面的误差无论是单条线间距误差还是给定长度上的累积误差都不超过 $\pm 5\mu\text{m}$,完全达到设计要求。

5 结 束 语

通过实验数据的结果,证明实验结果完全达到设计要求。此方案是在没有国内外现成仪器和资料情况下自行设计的,并且在方案中采用了许多以前没有用过的新技术,综合了目前几种机器的优点,使方案选择更加合理。通过机械传动链、光学扫描系统、电机驱动电路等的设计与分析,证明各个系统完全满足精度要求,同时半导体激光器的成功使用,使在高精度,高分辨率领域中用可见光半导体激光器代替 He—Ne 激光器成为可能。

参 考 文 献

- [1] H. Mallendar, *Laser Scanning Components & Techniques*. SPIE, 1976, 1984
- [2] 毛英泰主编,《误差理论与精度分析》. 国防工业出版社
- [3] 王明侗编著,《渐开线齿轮精度》. 机械工业出版社
- [4] 沈树群编著,《激光扫描及光盘技术》. 北京邮电学院出版社

Parameters Design of High Precision Laser Phototype Setter

Feng Weidong

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,*
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

Abstract

In this paper, we present a creative principle model of high precision laser phototype setter. This model draws the virtue of present laser phototype setter, and overcomes their defect. So it makes this model more advanced and creative. This paper deals with many aspect knowledges of optics, precision mechanics and electronics. So we make a lot of research in the optical spot size of scanning optical system, the transmission error of mechanical chain and driving circuit of electric motor, and find out a kind of principle model that meet future needs of color print of high speed, high precision and high resolution.